

Medición: de la indicación al valor

IDE-014 · Ideas fundamentales

Ensayos conceptuales para El universo y sus observadores

Autor: Juan Segurola

Versión: v0.6 ES · 19 de septiembre de 2026

Estado: Versión de publicación

Forma del artículo: Ensayo conceptual

Escala / contexto: Práctica metrológica, del instrumento de laboratorio a los patrones nacionales

Límite: La medición como proceso operativo: mensurando, calibración, trazabilidad, incertidumbre y el modelo que convierte una lectura en un valor. La observación como acto epistémico, y qué cuenta como observar, corresponden a IDE-023

Trabajos relacionados: IDE-015, IDE-017, IDE-023

Perfil epistémico: Conocimiento establecido

Licencia en publicación: Todos los derechos reservados

Resumen del artículo

Un resultado de medida no es un número que entrega un instrumento. Es un valor atribuido a una magnitud definida, junto con un enunciado de la dispersión de valores que razonablemente podrían atribuírsele, obtenido mediante un modelo que conecta la indicación del instrumento con esa magnitud. [1,2] Cada parte de esa frase hace trabajo. Definir el mensurando va primero, porque una ambigüedad ahí no la repara un instrumento mejor. La calibración y la trazabilidad conectan una indicación con patrones de referencia mediante una cadena documentada, y cada eslabón añade incertidumbre en vez de quitarla. Y la incertidumbre no es la diferencia desconocida entre el resultado y la verdad. Este artículo sigue un resultado desde la indicación hasta la decisión, y deja la teoría general de los modelos a IDE-015.

En 60 segundos

La metrología empieza definiendo el mensurando, la magnitud que se pretende medir, y la definición puede ser el factor limitante: pedir la longitud de una barra es incompleto mientras no se enuncien la temperatura, las condiciones de apoyo y qué cuenta como sus extremos.[1] Solo entonces importa el instrumento. La calibración relaciona la indicación del instrumento con valores realizados por un patrón, y la trazabilidad es la cadena documentada de esas comparaciones hasta una referencia, normalmente una realización del SI.[1,3] La trazabilidad no vuelve exacto un resultado: cada eslabón aporta incertidumbre, y el valor de la cadena está en que las aportaciones se conocen y pueden sumarse. La incertidumbre es un parámetro que caracteriza la dispersión de valores que razonablemente podrían atribuirse al mensurando, evaluada estadísticamente a partir de observaciones repetidas o por otros medios, y no es la desviación desconocida respecto de un valor verdadero.[2] Entre la indicación y el valor hay un modelo de medida, y los resultados dependen de él. Cuando un resultado sirve para decidir si algo es conforme, la incertidumbre debe entrar explícitamente en la regla de decisión y no informarse para luego ignorarse.[4]

Por qué importa esta pregunta

La medición es el punto donde una teoría se encuentra con un número, y casi toda disputa sobre números es en realidad una disputa sobre una de cuatro cosas: qué se estaba midiendo, contra qué se comparó, qué supuestos convirtieron la lectura en un valor y cuánta confianza cabe tener. Tratar un resultado como número pelado oculta las cuatro. Vuelve además invisibles dos errores frecuentes: leer dos valores como un desacuerdo cuando sus mensurandos nunca fueron la misma magnitud pretendida, y declarar conformidad o no conformidad sin contar la incertidumbre, lo que convierte una medida en un veredicto que no puede sostener.

1. Definir primero el mensurando

El mensurando es la magnitud que se pretende medir, y especificarlo exige más que nombrar un tipo de magnitud.[1] La especificación debe incluir cuantas condiciones afecten materialmente al valor: la temperatura a la que se define una longitud, el plano en que se toma un diámetro, la especie química exacta cuya concentración se busca y no una familia de compuestos emparentados.

Donde la definición es incompleta, la variabilidad residual no es error del instrumento. La metrología le da nombre, incertidumbre de definición, y fija un suelo por debajo del cual ningún instrumento puede llevarte.[1] Es una idea genuinamente útil también fuera de la metrología, porque explica por qué ciertos desacuerdos no se resuelven con aparatos más precisos.

La consecuencia no es que resultados sobre magnitudes distintas no puedan compararse: la metrología define la comparabilidad para resultados de magnitudes de la misma naturaleza trazables a una referencia común, y por eso los resultados de una distancia Tierra Luna y de una distancia París Londres son comparables cuando ambos trazan al metro.[1] Lo que sí exige es que, antes de leer dos resultados como un desacuerdo sobre el mismo objetivo, las especificaciones de sus mensurandos estén alineadas lo bastante para que sean resultados sobre la misma magnitud pretendida. La temperatura superficial del mar medida a la profundidad de la toma de agua y medida en la piel son magnitudes distintas que comparten nombre, y conciliarlas es cuestión de definición antes que de corrección. El desacuerdo aparente entre métodos de medida puede surgir de mensurandos o definiciones operacionales diferentes.

En qué punto estamos

El mensurando debe especificarse con todas las condiciones que afectan a su valor, y la ambigüedad que quede fija un suelo que ningún instrumento supera. La trazabilidad a una referencia común es lo que hace comparables resultados de la misma naturaleza; la definición del mensurando resuelve si dos resultados versan sobre la misma magnitud pretendida. Fijada la magnitud, la pregunta siguiente es contra qué se compara la lectura del instrumento.

2. La trazabilidad es una cadena, no un certificado

La calibración establece una relación entre las indicaciones de un instrumento y los valores que proporcionan patrones de medida, en condiciones enunciadas y con las incertidumbres de ambos. [1] No ajusta el instrumento, aunque el ajuste suela seguirla: documenta una relación.

La trazabilidad metrológica es la propiedad de un resultado por la que puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las

cuales contribuye a la incertidumbre de medida.[1] La referencia suele ser una realización de una unidad del SI, y desde la revisión de 2019 todas las unidades del SI se definen fijando los valores numéricos de un conjunto de constantes, de modo que realizarlas es cuestión de física y no de custodia de un artefacto.[3]

La expresión cada una contribuye a la incertidumbre es la parte que sostiene el peso. Un resultado trazable no es un resultado certificado como correcto: es uno cuya distancia a la referencia se ha contabilizado. Un certificado de calibración que no informa de incertidumbre no es prueba de exactitud sino un eslabón que falta.

En qué punto estamos

La calibración documenta la relación entre indicación y patrón, y la trazabilidad es la cadena documentada e ininterrumpida de esas relaciones hasta una referencia, con cada eslabón sumando incertidumbre. El sentido de la cadena es que las aportaciones se conocen, no que desaparezcan. Eso convierte el significado de la propia incertidumbre en lo siguiente que hay que precisar.

3. La incertidumbre no es el error

La GUM define la incertidumbre de medida como un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente podrían atribuirse al mensurando.[2] Es un enunciado sobre un conjunto de valores compatibles con lo que se hizo, no una estimación de cuánto dista el resultado de un valor verdadero, porque el valor verdadero es por construcción desconocido.

La evaluación se divide por método y no por naturaleza. La evaluación de tipo A usa el análisis estadístico de observaciones repetidas; la de tipo B usa todo lo demás, incluidos certificados de calibración, especificaciones del fabricante, datos de manual y el conocimiento del analista sobre el proceso.[2] Ambas dan incertidumbres típicas que se combinan del mismo modo, que es lo que permite sumar coherentemente componentes de orígenes muy distintos.

De ahí dos hábitos. Informar un resultado sin incertidumbre es informar un resultado incompleto, porque no se ha dicho nada sobre qué valores son compatibles con él. Y dar más cifras de las que sostiene la incertidumbre afirma una precisión que la medida no tiene, lo que es una afirmación sobre el mundo y no una cuestión de formato.

En qué punto estamos

La incertidumbre caracteriza los valores que razonablemente pueden atribuirse al mensurando, evaluados a partir de observaciones repetidas o de otra información, y no es la distancia desconocida entre el resultado y la verdad. Un resultado sin ella está incompleto. Tanto la incertidumbre como el valor dependen de algo que hasta aquí ha quedado implícito: el modelo que conecta indicación y magnitud.

4. Todo resultado está mediado por un modelo

Entre la indicación del instrumento y el valor informado hay un modelo de medida: el conjunto de relaciones que expresan el mensurando en función de las magnitudes de entrada realmente observadas, junto con las correcciones por efectos conocidos.[2] Un termopar da una tensión; la temperatura sale de esa tensión más una corrección de la unión de referencia, más una relación de calibración, más supuestos sobre con qué está en contacto el sensor.

El relato basado en modelos vuelve el modelo central y no accesorio: un resultado de medida es una inferencia a partir de indicaciones, y su exactitud se evalúa por la robustez entre las consecuencias de modelos que representan procesos de medida distintos y no por comparación con un valor verdadero inaccesible.[7] Es una descripción de lo que hacen realmente los laboratorios de patrones cuando comparan realizaciones independientes de la misma unidad.

La consecuencia práctica es que los supuestos del modelo pertenecen al presupuesto de incertidumbre. Si se aplicó una corrección, su propia incertidumbre se propaga; si se despreció un efecto conocido por juzgarlo pequeño, ese juicio es también una entrada. Un resultado es por tanto condicional a un modelo enunciado, y cambiar el modelo puede cambiar el valor y su incertidumbre sin ninguna observación nueva.

En qué punto estamos

Un valor informado es una inferencia desde indicaciones a través de un modelo de medida, y los supuestos y correcciones del modelo pertenecen al presupuesto de incertidumbre y no a su exterior. La exactitud se evalúa por coherencia entre realizaciones independientes y no contra una verdad inaccesible. Queda qué ocurre cuando ese resultado debe sostener una decisión.

5. Del valor a la decisión

Casi toda medida existe para sostener una decisión: si esta pieza es conforme, si esta concentración está por debajo de un límite, si se ha alcanzado un objetivo. Un valor medido cerca de un límite no puede responder por sí solo, porque los valores compatibles con la medida quedan a ambos lados del límite.[4]

La evaluación de la conformidad exige por tanto una regla de decisión explícita. Las bandas de guarda estrechan el intervalo de aceptación respecto de la especificación para controlar el riesgo de aceptar un elemento no conforme, y la anchura de la banda se sigue de la incertidumbre y de qué error se considera peor.[4] Tanto la regla como el riesgo que acepta son elecciones, y deben enunciarse.

Aquí es donde toda la cadena se gana su sitio. La definición del mensurando fija sobre qué se decide; la trazabilidad hace significativa la comparación más allá de un laboratorio; la incertidumbre da a la regla de decisión con qué trabajar; y el modelo registra qué se supuso. Un número citado sin todo eso no es un resultado de medida sino una indicación con pretensiones.

En qué punto estamos

Un valor cercano a un límite no decide por sí solo la conformidad, así que hacen falta reglas de decisión y bandas de guarda construidas con la incertidumbre, y el riesgo que aceptan es una elección enunciada. Mensurando, trazabilidad, incertidumbre y modelo hacen trabajo en esa cadena. IDE-015 recoge los propios modelos y qué hace a uno adecuado para la inferencia que se le pide.

Lo que sabemos y cómo lo sabemos

- Definir el mensurando precede a la instrumentación, y la ambigüedad residual de la definición fija un suelo de incertidumbre que ningún instrumento rebaja.[1]

- La trazabilidad metrológica es una cadena documentada e ininterrumpida de calibraciones hasta una referencia en la que cada eslabón contribuye a la incertidumbre;[1] las referencias del SI se realizan hoy desde constantes fijadas y no desde artefactos.[3]
- La incertidumbre de medida caracteriza la dispersión de valores razonablemente atribuibles al mensurando y se evalúa por análisis estadístico de observaciones repetidas o por otros medios, que se combinan coherentemente.[2]
- Un valor informado es una inferencia desde indicaciones a través de un modelo de medida, así que los supuestos del modelo y las correcciones aplicadas pertenecen al presupuesto de incertidumbre.[2]

Lo que todavía no sabemos

- Cómo expresar mejor la incertidumbre de medida para magnitudes definidas por procedimientos complejos y no por relaciones físicas, cuestión viva en las ciencias biológicas y sociales.[6]
- Si el marco metrológico se transfiere, y cómo, a constructos medidos con cuestionarios y escalas de valoración, donde el mensurando lo define el propio instrumento.[6]
- Cómo tratar la incertidumbre que aporta un modelo computacional incrustado en una cadena de medida, donde la propagación no es analítica y el modelo puede ser opaco.

Qué podría hacernos cambiar de opinión

- Un caso demostrado en el que dos laboratorios que realizan la misma unidad del SI a partir de las constantes definitorias, con presupuestos de incertidumbre declarados por completo, discreparan mucho más que sus incertidumbres declaradas y la discrepancia resistiera toda resolución indicaría un defecto en las definiciones o en el marco de incertidumbre.[2,3]
- Un desarrollo que mostrara que un resultado de medida puede ser completo sin modelo de medida, de modo que una indicación se aplique a un valor sin paso inferencial, invalidaría el relato mediado por modelos.[5,7]
- Evidencia de que las reglas de decisión con bandas de guarda construidas desde incertidumbres declaradas estiman mal de forma sistemática el riesgo de aceptación en un entorno de producción bien caracterizado obligaría a revisar el marco de evaluación de la conformidad.[4]

Si solo recuerdas una cosa

Un resultado de medida es un valor con su incertidumbre para una magnitud definida, obtenido mediante un modelo y una comparación trazable; un número pelado no es nada de eso.

Artículos relacionados

- IDE-015 — Modelo
- IDE-017 — Incertidumbre
- IDE-023 — ¿Qué es la observación?

Referencias

- [1] JCGM 200:2012. International Vocabulary of Metrology: Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM), 3rd edition. BIPM (2012).
- [2] JCGM 100:2008. Evaluation of Measurement Data: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). BIPM (2008).
- [3] Bureau International des Poids et Mesures. The International System of Units (SI), 9th edition, V4.01, June 2026. DOI 10.59161/AUEZ1291.
- [4] JCGM 106:2012. Evaluation of Measurement Data: The Role of Measurement Uncertainty in Conformity Assessment. BIPM (2012).
- [5] Eran Tal. Making Time: A Study in the Epistemology of Measurement. The British Journal for the Philosophy of Science 67(1), 297-335 (2016). DOI 10.1093/bjps/axu037.
- [6] Luca Mari; Mark Wilson; Andrew Maul. Measurement across the Sciences: Developing a Shared Concept System for Measurement. Springer (2021). DOI 10.1007/978-3-030-65558-7.
- [7] Eran Tal. Measurement in Science. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2020 Edition), Edward N. Zalta (ed.), sections 7.1 and 8.3.